Monograph

Evolución del Dolor Muscular luego de Diferentes Tipos de Ejercicio

Andrew J Vickers

Integrative Medicine Service, Biostatistics Service, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, 1275 York Avenue, New York, 10021, Estados Unidos.

RESUMEN

Antecedentes: El dolor muscular post-ejercicio es una sensación de dolor sordo, que se percibe luego de un esfuerzo muscular inusual. Principalmente, sobre la base de investigaciones de laboratorio previas, sobre ejercicio excéntrico, generalmente se afirma que el dolor describe una curva en forma de U invertida a lo largo del tiempo, alcanzando el máximo 24-48 horas después del ejercicio. Es por eso que, a menudo se describe, como “dolor muscular de aparición tardía”. En un estudio realizado con corredores de fondo, el dolor alcanzaría un máximo inmediatamente después y luego se reduciría gradualmente con el tiempo. Este estudio es un análisis secundario de los datos provenientes de ensayos clínicos que intenta determinar si la evolución del dolor luego de un ejercicio natural, como la carrera de fondo, es diferente a la evolución que se observa luego de ejercicios realizados en laboratorio tales como un ejercicio con un *step*. **Métodos:** Éste es un nuevo análisis de datos de tres estudios clínicos previos. Los estudios incluyeron 400 corredores que corrieron carreras de fondo y 82 voluntarios desentrenados que realizaron un test de ejercicios con *step.* Los sujetos completaron la escala de Likert de dolor muscular luego de realizar sus ejercicios todos los días por la mañana y por la tarde, durante los cinco días. **Resultados:** La interacción entre prueba y tiempo fue altamente significativa, lo que sugiere que el dolor muscular evoluciona diferente luego de las carreras y los ejercicios con *step*. 45% de los sujetos que realizaron ejercicios con *step*experimentaron dolor máximo en el tercer o cuarto seguimiento (aproximadamente 36 - 48 horas después del ejercicio) en comparación con sólo 14% de los sujetos que corrieron la carrera. La diferencia entre los grupos es importante, por lo que justifica realizar un análisis multivariado que incorpore las posibles variables de confusión. **Conclusión:** El dolor en los corredores luego de carreras de fondo, tiene una evolución diferente a la de los individuos no entrenados que realizaron los ejercicios con *step*. Las investigaciones sobre ejercicio realizado en un contexto de laboratorio no son necesariamente generalizables al ejercicio realizado por atletas entrenados cuando realizan el deporte que han elegido.

Palabras Clave: dolor muscular de aparición tardía (DOMS), entrenamiento, deporte, escala de dolor muscular

INTRODUCCION

El dolor muscular post-ejercicio, una sensación de dolor sordo, que se percibe luego de la realización de ejercicios musculares inusuales, generalmente se considera que describe una curva en forma de U invertida a lo largo del tiempo. Declaraciones típicas que se encuentran en la bibliografía son que el dolor: "aparece" de 24 a 48 horas después del ejercicio [1]; generalmente "se percibe aproximadamente 24 horas después de la serie de ejercicios y puede extenderse durante 24 a 48 horas más" [2] y alcanza su valor máximo a las 24-48 horas después del ejercicio" [3].

Estas afirmaciones están bien sustentadas por resultados provenientes de estudios que han medido el dolor en varios momentos luego de una serie de ejercicios. Por ejemplo, Hight et al. [4] evaluaron el dolor de los flexores del codo en las

24 y 48 horas posteriores a la realización de contracciones excéntricas. Las puntuaciones de dolor eran más altas en las 48 horas posteriores. De manera similar, Byrnes et al. [5] informaron que el dolor muscular aumentaba de manera sostenidacuando se lo midió 6, 18 y 42 horas luego de 30 minutos de carrera en cinta rodante con pendiente. También se observó que el dolor era mayor a las 48 horas que a las 24 horas, en sujetos controles sin tratamiento que realizaron ejercicios con *step* [2] y en tres estudios diferentes de ejercicio excéntrico de los flexores del codo, alcanzaba el máximo a las 48 horas [6-8]. En estudios realizados en nuestro laboratorio, de dolor luego de ejercicios con *step*, las puntuaciones de dolor alcanzaron el máximo a las 48 horas [9] (ver Figura 1). Probablemente el único estudio que no coincidió con estos resultados fue el de Donelly et al., quienes observaron que el dolor inducido por la carrera en cinta rodante con pendiente era ligeramente mayor a las 24 que a las 48 horas [3]. Esto significa que se observó una clásica curva con forma de U invertida, donde el dolor es bajo inmediatamente después del ejercicio, máximo a las 24 y 48 horas y disminuye nuevamente a las 72 horas. Estos resultados son tan frecuentes, que habitualmente en la bibliografía, se describe el dolor muscular post-ejercicio como “dolor muscular de aparición tardía”.

Los estudios mencionados anteriormente, utilizaron ejercicios realizados en el ámbito del laboratorio.

Con raras excepciones [10], no se ha investigado el dolor post-ejercicio en atletas que realizan el deporte que han elegido. Mientras realizábamos el análisis de los datos de un estudio de carreras de fondo, notamos que el dolor parecía alcanzar el máximo inmediatamente y luego disminuía gradualmente con el tiempo (ver Figura 1). Ésta era una evolución del dolor similar a la observada en dos estudios anteriores en corredores de fondo, a partir de los que cuales habíamos obtenido datos originales [11, 12].

Por lo tanto, a través del análisis de los datos de los tres ensayos clínicos que habíamos realizado, decidimos evaluar la hipótesis que planteaba que la evolución del dolor post-ejercicio es diferente en las carreras de fondo y en los ejercicios con *step*. Si la evolución del dolor que se produce luego de un ejercicio "artificial" realizado en un laboratorio (ejercicios con *step*) es diferente de la que se observa luego de la realización de un deporte (carrera de fondo), es probable que estos dos métodos de inducción de dolor tengan consecuencias fisiológicas diferentes.

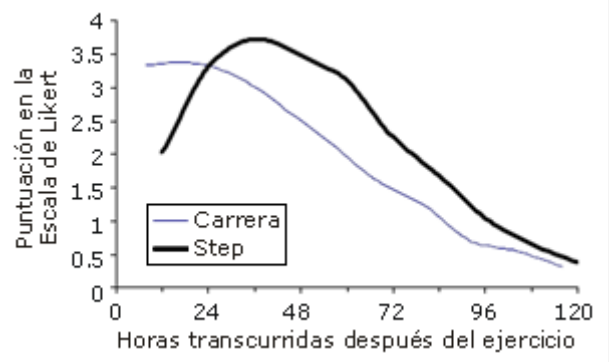

Figura 1. *Evolución del dolor muscular luego de carreras de fondo y ejercicios con step.*

METODOS

Nosotros comparamos los datos de un estudio en el cual el dolor era inducido por un régimen de ejercicios con *step*, con los resultados de un estudio en cual el dolor se inducía por la participación en carreras de fondo. En el estudio con *step*, voluntarios saludables realizaron 10 minutos de ejercicio con *step* cargando una mochila que contenía sacos de arena con un peso equivalente al 10% de su peso corporal.

Éste es un método de inducción de dolor que ha sido previamente validado [2]. Sólo podían participar individuos sin entrenamiento. Los sujetos no podían participar, si habían realizado ejercicio vigoroso en los seis meses anteriores. El ejercicio" "vigoroso” se definió como realizar un deporte o una actividad, diseñados para aumentar la salud; la participación "regular" se definió como realizar la actividad tres o más veces por semana, durante más de tres semanas consecutivas y durante más de 15 minutos por vez.

Incluimos los datos de 82 sujetos en dos pruebas en las que el criterio de elegibilidad y método de inducción de dolor

fueran idénticos [9]. En la prueba de carrera se estudió a 400 corredores que padecieron dolor después de una carrera de fondo [13]. Los sujetos participaron en varias carreras diferentes. La longitud media de las carreras fue 21,4±7,79 millas (34,43±12,53 km). La carrera más corta fue casi de 2 millas (un sujeto) y la más larga abarcó 50 millas (80,45 km) (un sujeto) pero 95% de las carreras estaban comprendidas entre 6,2 y 26,2 millas (9,97 y 42,15 km respectivamente). Aproximadamente dos tercios de los participantes corrió carreras de longitud similar a las de maratones. Las pruebas fueron aprobadas por los Comités de Ética de Investigación con Seres Humanos del Colegio Universitario de Londres / Hospital del Colegio Universitario de Londres y además los participantes dieron consentimiento informado por escrito.

Tanto en el test con *step* como en las carreras, las diferencias en el dolor muscular entre los grupos que recibieron tratamiento eran pequeñas y no alcanzaron la significancia estadística. Por lo tanto consideramos apropiado analizar los datos de cada prueba como un todo, ignorando la asignación de tratamiento.

El método de medición de los resultados fue similar en ambas pruebas: Se aplicó la escala de 7 puntos de Likert de dolor muscular cada 12 horas durante cinco días (ver Figura 2). La única pequeña diferencia fue que en la prueba con *step* la primera medida se tomó 12 horas después del ejercicio, pero en las carreras se tomó en un momento fijo, 9 pm . La mayoría de los participantes que realizaron la carrera corrieron carreras de maratón que empezaron a las 9 am y demoraron en promedio 4 horas en completar la carrera. En otras palabras, los tiempos de seguimiento fueron 12, 24, 36, 48 horas y así sucesivamente en la prueba con *steps* pero aproximadamente 8, 20, 32, 44.... 116 horas en la prueba de carrera. Las puntuaciones obtenidas con la escala de Likert fueron sumadas para obtener una puntuación total correspondiente a los cinco días.

Por favor seleccione la frase que describa mejor su nivel de dolor muscular durante las últimas 12 horas.
[ ] 0 Ausencia completa de dolor
[ ] 1 Dolor leve que sólo se siente al tocar / dolor vago
[ ] 2 Dolor moderado que sólo se siente al tocar / dolor leve persistente
[ ] 3 Dolor leve al caminar subiendo o bajando escalones
[ ] 4 Dolor leve al caminar en una superficie llana / doloroso
[ ] 5 Dolor moderado, rigidez o debilidad al caminar / muy doloroso
[ ] 6 Dolor severo que limita mi capacidad de movimiento

Tabla 1. *Escala de Likert de dolor muscular.*

La puntuación de dolor por edades y la puntuación total de los 5 días de los dos tests, fueron comparadas con el test de suma de rangos de Wilcoxon. La proporción varones/mujeres en los dos tests fue comparada usando χ^2.

Para evaluar la hipótesis de si la evolución del dolor luego del ejercicio era diferente entre los tests, nosotros estudiamos tres modelos de análisis diferentes. Esto fue realizado para determinar si los resultados dependían del modelo particular usado. En el primer modelo, un sujeto fue clasificado dentro de la categoría “presenta dolor muscular tardío” ("DS1") si las puntuaciones de dolor en el tercer o cuarto momento de medición (aproximadamente 36 y 48 horas post-ejercicio) eran mayores que las puntuaciones de dolor en el primer y segundo momento de medición. En un modelo alternativo, un sujeto fue clasificado como “presenta dolor muscular tardío” ("DS2") si cumplía con algún criterio del primer modelo o si el dolor en la segunda medición era mayor que en la primera medición. Para establecer las diferencias entre los grupos se utilizó el test χ^2. También se realizó un ANOVA con tiempo, prueba, e interacción entre tiempo y prueba como covariables. El análisis se realizó con el paquete estadístico STATA 6 (Stata Corporation, College Station, Texas 77840, Estados Unidos). La significancia estadística fue establecida a un nivel $p<0.05$.

RESULTADOS

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos pruebas en edad, dolor en los 5 días y proporción varones/mujeres (ver Tabla 1). Los sujetos que realizaron los ejercicios con *step* eran más jóvenes, mayormente de sexo femenino y experimentaron un mayor nivel de dolor total, aunque las diferencias entre los grupos no fueron grandes.

Modelo			
Variable	**Mediana del ejercicios con step (rango intercuartílico) n=82**	**Mediana de la carrera (rango intercuartílico) n=400**	**Test de Inferencia**
Edad	27 (22 – 33)	42,5 (34 – 49)	Test de suma de rangos de Wilcoxon p=0,0001
Proporción Varones/Mujeres	37/44 *	294/106	χ^2 = 24 p<< 0,0001
Dolor total de los 5 días	22(15–30)	18 (11–26)	Test de suma de rangos de Wilcoxon p = 0,02

Tabla 2. *Comparaciones entre edad, dolor y proporción varones/mujeres. * Hay una observación faltante.*

El número de personas en cada prueba que experimentaron dolor tardío se presenta en la Tabla 2.

Independientemente del modelo usado, más sujetos que realizaron los ejercicios con *step* experimentaron dolor tardío en comparación con los que corrieron. La diferencia entre los grupos fue estadísticamente significativa (χ^2=41 p <2 = 65 p <

Estos análisis sugieren que la evolución del dolor fue diferente entre las pruebas de ejercicios con *step* y carreras.

Prueba	DS1	DS2
Step	37/82 (45%)	67/82 (82%)
Carrera	57/400 (14%)	134/400 (34%)

Tabla 3. *Frecuencia del dolor muscular tardío (definido de dos maneras diferentes, ver texto) luego de cada prueba.*

Se realizaron análisis exploratorios para determinar si otras diferencias entre las dos pruebas podrían haber sido las responsables de la diferente evolución del dolor post-ejercicio, en cada tipo de prueba,. Primero, se realizó un análisis de sub-grupo que incluía solo a los corredores que participaron en carreras de distancias de maratón de igual longitud**,** para analizar las diferencias entre carrera y los ejercicios con *step*(χ^2=71 p <con p = 0,05 como criterio para conservar una variable en el modelo. El modelo final incluyó sólo la edad y la prueba. El coeficientepara la edad era pequeño y no afectó sustancialmente la relación entre prueba y DS2 que siguió siendo significativa (p <

DISCUSION

La evolución del dolor experimentado por los participantes en los ejercicios con *step* fue semejante a la evolución que se describe típicamente en la bibliografía. Sin embargo, los sujetos que corrieron carreras, generalmente registraron el máximo de dolor en el primer momento de medición, en vez de experimentar dolor tardío. La diferencia en la evolución del dolor entre las dos condiciones fue estadísticamente muy significativa y pasó los análisis exploratorios de los posibles efectos de las variables de confusión.

Las dos pruebas difirieron en la intensidad, duración y naturaleza del ejercicio y en el nivel de entrenamiento de los participantes. No es posible afirmar definitivamente cual de estos factores o combinación de los mismos, provoca la diferencia en la evolución del dolor muscular. Sin embargo, el nivel de entrenamiento no parecería ser la causa probable: la forma de U invertida de la evolución del dolor muscular "tardío" ha sido informada tanto en sujetos entrenados como en sujetos sin entrenamiento, luego de la realización de ejercicios tales como ejercicios con *step*. En, quizás la única comparación directa de dolor entre sujetos entrenados y no entrenados [10], la evolución del dolor de los sujetos fue notablemente similar en cada grupo, pero los sujetos entrenados experimentaron un menor aumento en los marcadores de daño muscular.

Probablemente el tipo de ejercicio, la intensidad, duración o tipo de contracción, influyan en la evolución del dolor. La mayoría de los investigadores han partido de la observación de que el dolor es más severo después de las contracciones excéntricas [14] y han diseñado regímenes que involucraban ejercicios cortos, intensos, agotadores, y excéntricos, generalmente para un solo grupo muscular. Un ejemplo típico es el estudio realizado por Rodenburg et al. [6, 7] quienes diseñaron un dispositivo complejo que involucraba un sistema de poleas en el cual el sujeto bajaba lentamente un peso, mediante la extensión del codo. Para que los sujetos realizaran solo el ejercicio de contracción excéntrica, los pesos fueron colocados en su lugar por un equipo de estudiantes voluntarios (Rodenburg, comunicación personal). Al igual que la mayoría de las actividades deportivas, las carreras de fondo, difieren de los ejercicios usados en este trabajo y en otros estudios relacionados al dolor muscular post-ejercicio, porque las mismas involucran un gran número de grupos musculares diferentes, cada uno de los cuales está sujeto a una variedad de formas diferentes de contracción. Parece posible que, los ejercicios intensos, agotadores y excéntricos provoquen cambios fisiológicos en los músculos que son diferentes a los de los ejercicios que involucran tipos mixtos de contracciones que se producen con menos intensidad a lo largo de un período de tiempo mayor.

Un detalle importante es que la comparación entre las pruebas con *step* y las carreras, no se realizó de manera aleatoria. Sería importante repetir este estudio paralelamente, asignando al azar las diferentes metodologías para inducir el dolor. En las tres pruebas de carrera de fondo, el dolor medio fue máximo en el primer momento de medición. En todos los estudios de laboratorio, que son numerosos, el dolor describió una curva con forma de U invertida con el tiempo.

Los resultados de este estudio sugieren que las investigaciones de laboratorio no necesariamente pueden ser generalizables hacia áreas en las que los atletas entrenados practiquen los deportes que han elegido. Es necesario determinar si hay características del ejercicio, diferentes a la evolución del dolor post-ejercicio, que son diferentes entre el ámbito de laboratorio y la naturaleza, en los deportes. Las próximas investigaciones también deberían analizar la evolución de variables objetivas correlacionadas con el dolor muscular, tales como la disminución en el rendimiento, luego de diferentes formas de ejercicio.

Dirección para Envío de Corresondencia

Andrew J. Vickers. Integrative Medicine Service, Biostatistics Service, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, 1275 York Avenue, New York, 10021, Estados Unidos. Correo electrónico: vickersa@mskcc.org.

REFERENCIAS

1. Byrnes W. C., Clarkson P. M (1986). Delayed onset muscle soreness and training. *Clinics in Sports Medicine, 5:605-614*
2. Hasson S., Mundorf R., Barnes W., Williams J., Fujii M (1990). Effect of pulsed ultrasound versus placebo on muscle soreness perception and muscular performance. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine, 22:199-205*
3. Donnelly A. E., McCormick K., Maughan R. J., Whiting P. H., Clarkson P. M (1988). Effects of a non-steroidal anti-inflammatory drug on delayed onset muscle soreness and indices of damage. *British Journal of Sports Medicine, 22:35-38*
4. High D. M., Howley E. T., Franks B. D (1989). The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Research Quarterly for Exercise & Sport, 60:357-361*
5. Byrnes W. C., Clarkson P. M., White J. S., Hsieh S. S., Frykman P. N., Maughan R. J (1985). Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *Journal of Applied Physiology, 59:710-715*
6. Rodenburg J. B., Steenbeek D., Schiereck P., Bar P. R (1994). Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine, 15:414-419*
7. Clarkson P. M., Tremblay I (1988). Exercise-induced muscle damage, repair and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology, 65:1-6*
8. Vickers A. J., Fisher P., Smith C., Wyllie S. E., Lewith G. T (1997). Homoeopathy for delayed-onset muscle soreness: a randomised, doubleblind, placebo-controlled trial. *British Journal of Sports Medicine, 31:304-307*
9. Vincent H. K., Vincent K. R (1997). The effect of training status on the serum creatine kinase response, soreness and muscle function following resistance exercise. *Int J Sports Med, 18:431-437*
10. Tveiten D., Bruset S., Borchgrevnink C. F., Norseth J (1998). Effects of the homeopathic remedy Arnica D 30 on marathon runners: a randomized, double-blind study during the 1995 Oslo Marathon. *Complementary Therapies in Medicine, 6:71-74*
11. Vickers A. J., Fisher P., Smith C., Wyllie S. E., Rees R (1998). Homoeopathic Arnica 30x is ineffective for muscle soreness after long-distance running: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Clinical Journal of Pain, 14:227-231*
12. Newham D. J., McPhail G., Mills Kr., Edward R. H (1983). Ultrastructural changes after concentric and eccentric contractions of human muscle. *Journal of Neurological Science, 61:109-122*

Cita Original

Vickers Andrew J. Time course of muscle soreness following different types of exercise. BMC Musculoskeletal Disorders, 2, 2001.